

Estudo fitoquímico do oleoresina extraído da *Copaifera reticulata* Ducke (Leguminosae-Caesalpinioideae) em uma área de manejo sustentável

Phytochemical study of oleoresin extracted from *Copaifera reticulata* Ducke (Leguminosae-Caesalpinioideae) in a sustainable management area

Estudio fitoquímico de oleoresina extraída de *Copaifera reticulata* Ducke (Leguminosae-Caesalpinioideae) en un área de manejo sostenible

Recebido: 25/10/2021 | Revisado: 06/11/2021 | Aceito: 28/11/2021 | Publicado: 09/12/2021

Anderson da Silva Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3955-1817>

BIONORTE, Brasil

E-mail: anderson.costa@embrapa.br

Osmar Alves Lameira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8370-8562>

Embrapa Amazônia Oriental, Brasil

E-mail: osmar.lameira@embrapa.br

Resumo

Dentre as espécies vegetais produtora de óleos destaca-se o gênero *Copaifera* L. constituído de espécies de elevado valor econômico e ecológico, suas árvores exudam um oleoresina conhecido, popularmente, como óleo de copaíba cujas propriedades medicinais, cosméticas e industriais são amplamente descritas na literatura. Neste sentido, o objetivo principal desse estudo foi analisar os elementos fitoquímicos presentes no oleoresina da espécie *Copaifera reticulata* Ducke, identificando os componentes fitoquímicos que se repetem em cada copaibeira e em seguida analisar através da matriz de correlação de Pearson a relação de significância dos elementos químicos do solo com o DAP das árvores selecionadas. O estudo foi conduzido na floresta manejada localizada na fazenda Agroecológica São Roque no município de Mojú-PA. Essa pesquisa trata-se de uma análise quantitativa e os resultados apontaram que em relação a K, P e Na, as maiores concentrações desses elementos foi observado no solo das árvores 1 (5,0 mg/dm³), árvore 10 (17,5 mg/dm³) e árvore 7 (8,5 mg/dm³) respectivamente. Os teores de Ca e Ca+ Mg foram elevados nas áreas do primeiro, segundo e terceiro indivíduos da espécie *C. reticulata*, com os valores para Ca: 0,9; 1,2; 2,4 e para Ca+Mg: 1,4; 1,7; 3,2, respectivamente. O teor de H + Al (acidez potencial) foi elevado nos solos dos indivíduos 4(1,4 cmol_c/dm³), 5 (1,5 cmol_c/dm³) e 7(1,5 cmol_c/dm³). E através da análise da correlação de Pearson, que na comparação entre os diâmetros e o pH da água, verifica-se uma correlação positiva ($r = 0,622$), ou seja, quanto maior o diâmetro das árvores, maior será o percentual de pH da água. Outra correlação positiva ocorreu entre os percentuais de Ca e de Ca+Mg ($r = 0,993$), ou seja, quanto maior o percentual de Ca no solo, maior será o percentual de Ca + Mg. Em relação a caracterização fitoquímicas, apenas 3 arvores produziram óleo-resina com um percentual de identificação de 96,1%, 86,6% e 70,7% correspondentes às árvores do inventário com numeração 96, 106 e 153 (árvores 6, 7 e 10) ocorrendo diferença na taxa de concentração e na composição fitoquímica dos óleos analisados. Os elementos (E)-cariofileno, (E)-alfa-bergamoteno e beta-bisaboleno foram constantes nos óleos analisados e considerados os mais importantes quanto as suas atividades biológicas. As médias de teor dos compostos fitoquímicos Beta-elemento; (E)-cariofileno; (E)-alfa-bergamoteno; (E)-beta-farneseno; (Z)-alfa-bisaboleno; β-bisaboleno; Beta-sesquifelandreno e Caureno das três árvores foram comparadas com as médias de Teor dos mesmos compostos fitoquímicos de três estudos bibliográficos usados como referências e constatou-se que não existem diferenças significativas nas médias de teor dos compostos fitoquímicos adotado como nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Os resultados obtidos no presente trabalho reforçam ainda mais a importância da oleoresina de copaíba proveniente da região Amazônica contribuindo com a ampliação do conhecimento químico da espécie *Copaifera reticulata* Ducke.

Palavras-chave: Fitoquímica; Oleoresina; Copaíba.

Abstract

Among the plant species that produce oils, the genus *Copaifera* L stands out. It consists of species of high economic and ecological value, its trees exude an oleoresin popularly known as copaiba oil, whose medicinal, cosmetic and industrial properties are widely described in the literature. In this sense, the main objective of this study was to analyze the phytochemical elements present in the oleoresin of the *Copaifera reticulata* Ducke species, identifying the phytochemical components that are repeated in each copaibeira and then to analyze, through Pearson's correlation matrix, the significance relationship of the chemical elements of the soil with the DAP of the selected trees. The study

was conducted in the managed forest located at the São Roque Agroecological Farm in the municipality of Mojú-PA. This research is a quantitative analysis and the results showed that in relation to K, P and Na, the highest concentrations of these elements were observed in the soil of trees 1 (5.0 mg/dm³), tree 10 (17.5 mg/dm³) and tree 7 (8, 5 mg/dm³) respectively. Ca and Ca+ Mg contents were high in the areas of the first, second and third individuals of the species *C. reticulata*, with values for Ca: 0.9; 1,2; 2.4 and for Ca+Mg: 1.4; 1.7; 3.2, respectively. The content of H + Al (potential acidity) was high in the soils of individuals 4 (1.4 cmolc/dm³), 5 (1.5 cmolc/dm³) and 7 (1.5 cmolc/dm³). And through the analysis of Pearson's correlation, when comparing the diameters and the pH of the water, there is a positive correlation ($r = 0.622$), that is, the larger the diameter of the trees, the greater the percentage of pH of the Water. Another positive correlation occurred between the percentages of Ca and Ca+Mg ($r = 0.993$), that is, the higher the percentage of Ca in the soil, the higher the percentage of Ca + Mg. Regarding phytochemical characterization, only 3 trees produced oil-resin with an identification percentage of 96.1%, 86.6% and 70.7% corresponding to the inventory trees with numbers 96, 106 and 153 (trees 6, 7 and 10) there was a difference in the concentration rate and in the phytochemical composition of the analyzed oils. The elements (E)-caryophyllene, (E)-alpha-bergamothene and beta-bisabolene were constant in the analyzed oils and considered the most important in terms of their biological activities. The averages of Beta-elemene phytochemicals content; (E)-caryophyllene; (E)-alpha-bergamothene; (E)-beta-farnesene; (Z)-alpha-bisabolene; β -bisabolene; Beta-sesquiphelandrene and Caurene of the three trees were compared with the averages of Content of the same phytochemicals from three bibliographic studies used as references and it was found that there are no significant differences in the averages of content of phytochemicals adopted as a significance level of 5% ($p < 0.05$). The results obtained in the present work reinforce even more the importance of the copaiba oleoresin from the Amazon region, contributing to the expansion of the chemical knowledge of the species *Copaifera reticulata* Ducke.

Keywords: Phytochemistry; Oleoresin; Copaiba.

Resumen

Entre las especies vegetales productoras de aceites se destaca el género *Copaifera* L. Está conformado por especies de alto valor económico y ecológico, sus árboles exudan una oleorresina conocida popularmente como aceite de copaiba, cuyas propiedades medicinales, cosméticas e industriales están ampliamente descritas en la literatura. En este sentido, el objetivo principal de este estudio fue analizar los elementos fitoquímicos presentes en la oleorresina de la especie *Copaifera reticulata* Ducke, identificando los componentes fitoquímicos que se repiten en cada copaibeira y luego analizar, a través de la matriz de correlación de Pearson, la relación de significancia de los elementos químicos del suelo con la DAP de los árboles seleccionados. El estudio se realizó en el bosque manejado ubicado en la Finca Agroecológica São Roque en el municipio de Mojú-PA. Esta investigación es un análisis cuantitativo y los resultados mostraron que en relación a K, P y Na, las mayores concentraciones de estos elementos se observaron en el suelo de los árboles 1 (5.0 mg / dm³), árbol 10 (17.5 mg / dm³) y árbol 7 (8, 5 mg / dm³) respectivamente. Los contenidos de Ca y Ca + Mg fueron altos en las áreas del primer, segundo y tercer individuo de la especie *C. reticulata*, con valores de Ca: 0.9; 1,2; 2,4 y para Ca + Mg: 1,4; 1,7; 3.2, respectivamente. El contenido de H + Al (acidez potencial) fue alto en los suelos de los individuos 4 (1.4 cmolc / dm³), 5 (1.5 cmolc / dm³) y 7 (1.5 cmolc / dm³). Y a través del análisis de la correlación de Pearson, al comparar los diámetros y el pH del agua, existe una correlación positiva ($r = 0,622$), es decir, cuanto mayor es el diámetro de los árboles, mayor es el porcentaje de pH del Agua. Otra correlación positiva ocurrió entre los porcentajes de Ca y Ca + Mg ($r = 0,993$), es decir, a mayor porcentaje de Ca en el suelo, mayor porcentaje de Ca + Mg. En cuanto a la caracterización fitoquímica, solo 3 árboles produjeron aceite-resina con un porcentaje de identificación de 96.1%, 86.6% y 70.7% correspondiente a los árboles del inventario con números 96, 106 y 153 (árboles 6, 7 y 10) hubo diferencia en la tasa de concentración y en la composición fitoquímica de los aceites analizados. Los elementos (E) -cariofileno, (E) -alfa-bergamoteno y beta-bisaboleno fueron constantes en los aceites analizados y se consideraron los más importantes en cuanto a sus actividades biológicas. Los promedios del contenido de fitoquímicos Beta-elemeno; (E) -cariofileno; (E) -alfa-bergamoteno; (E) -beta-farneseno; (Z) -alfa-bisaboleno; β -bisaboleno; Se compararon Beta-sesquifellandreno y Caureno de los tres árboles con los promedios de Contenido de los mismos fitoquímicos de tres estudios bibliográficos utilizados como referencias y se encontró que no existen diferencias significativas en los promedios de contenido de fitoquímicos adoptados como nivel de significancia de 5% ($p < 0,05$). Los resultados obtenidos en el presente trabajo refuerzan aún más la importancia de la oleorresina de copaiba de la región amazónica, contribuyendo a la expansión del conocimiento químico de la especie *Copaifera reticulata* Ducke.

Palabras clave: Phytochemistry; Oleoresin; Copaiba.

1. Introdução

A região Norte é a maior produtora de oleorresina de *Copaifera reticulata* Ducke e de outras espécies do gênero *Copaifera* L., sendo responsável por 100% da produção no Brasil. A importância dessa oleaginosa deve-se à boa qualidade da madeira e a produção de oleorresina, esse composto natural constituído por uma resina e óleos essenciais usadas pelas comunidades tradicionais, indústrias farmacêuticas e de cosméticos por conta de suas propriedades terapêuticas. Sendo que, a extração desse óleo é realizada de forma extrativista, geralmente, por comunidades locais (Leite, 2004).

O oleorresina de copaíba é um dos principais produtos naturais da região amazônica e pode ser extraído de forma sustentável por meio da perfuração do caule das árvores do gênero *Copaifera* L. (Medeiros & Vieira, 2008). Dessas árvores é exsudado, através de incisões realizadas no tronco, um oleorresina, chamado de óleo de copaíba, utilizado na medicina popular brasileira como: anti-inflamatório, antiulcerogênico, bactericida, bronquites, infecções do sistema pulmonar e urinário, e ainda no combate a diferentes tipos de câncer (Gramosa *et al.*, 2005; Cascon, 2004; Veiga & Pinto, 2002).

As principais substâncias majoritárias dos compostos voláteis (sesquiterpenos) do óleo da copaíba, são o β -cariofileno, α -humuleno e α -copaeno (Veiga & Pinto, 2002); (Pinto *et al.*, 2000; Tappin *et al.*, 2004). E na região diterpênica que corresponde à fração não volátil apresentam em sua composição o ácido copálico, ácido agalático, ácido 11-hidroxicopálico, 11-acetoxi-copálico, ácido hardwickiico e o ácido carenóico, entre outros (Giesbrecht, 2011).

Os metabólitos secundários são encontrados em todos os vegetais superiores e a sua presença nestes pode ser relacionada a diversos fatores, como condições do solo, alterações climáticas, presença ou ausência de predadores naturais entre outros, além de possuírem aplicabilidades, funções e estruturas variadas (Canelhas, 2012).

O óleo da copaíba possui uma parte sólida e não volátil de resina (substâncias voláteis tem um desprendimento mais fácil, ou seja, evapora mais rápido) é formado por diterpenos responsáveis por 55% a 60% da resina e um óleo essencial composto por sesquiterpenos, pode-se dividir em sesquiterpenos oxigenados e em hidrocarbonetos sesquiterpênicos, o que favorece sua utilização na indústria farmacêutica, cosmética e de perfumaria (Perfecto *et al.*, 2020).

Em virtude da grande exploração madeireira resultante do processo de ocupação da Amazônia, a coleta desse oleorresina da copaíba por meio do manejo florestal sustentável, é considerada uma importante atividade que pode contribuir para conservação das florestas e manutenção da tradição extrativista das comunidades locais. Porém, essa estratégia é viável quando se conhece os processos dinâmicos da espécie, com o objetivo de subsidiar seu manejo, que são o potencial produtivo dos diferentes morfotipos que a espécie possui encontrados na região (Rigamonte-Azevedo *et al.*, 2006; Lameira, 2021) que influenciam a produção do óleo da copaíba.

A perda da biodiversidade, do saber tradicional e o próprio processo de mudança cultural dos povos tradicionais, resulta na perda de inúmeros produtos naturais completamente desconhecidos, com isso, acrescentando um senso de urgência em garantir o registro desse saber, inclusive para uso científico (Bolzani *et al.*, 2016; Elisabetsky & Suza, 2010). Vale ressaltar um estudo produzido por Costa *et al.*, (2021), que aponta que os ecossistemas florestais precisam ser preservados e pesquisados com a expansão de Unidades de Conservação a fim de mitigar os impactos nos ecossistemas amazônicos.

A *Copaifera reticulata* Ducker ocorre apenas no Brasil, na Amazônia Brasileira, foi encontrada amplamente distribuída na porção oriental, rara na ocidental e ausente no nordeste; amplamente distribuída no Pará, encontra-se, ainda, no sudoeste do Amapá, sudeste de Roraima e norte de Mato Grosso. Habita mata de terra firme (Martins da Silva *et al.*, 2008).

Em busca dessas substâncias de tanto valor para a humanidade, utiliza-se como ferramenta a análise fitoquímica, que permite isolar e identificar os componentes químicos das espécies vegetais (Ferri, 1996). Haja vista que o óleo extraído dessa espécie contém princípios ativos que servem de base para a produção de medicamentos (Costa & Lameira, 2021). Conforme aponta o estudo de Barquete *et al.*, (2021), que aponta que a composição do óleo da copaíba é formada principalmente por sesquiterpenos tendo a função de anti-inflamatório e da composição de diterpenos, que têm propriedades antimicrobianas que contribuem para as características de cura desta planta.

A importância destas plantas está ligada diretamente a boa qualidade de sua madeira e à produção de seu oleorresina, que têm sido utilizados de forma significativa pelas populações tradicionais e indústrias farmacêuticas, por apresentarem uma variedade de propriedades terapêuticas e econômica (Veiga & Pinto, 2002). Vale ressaltar, o estudo de Barbosa *et al.*, (2013), que encontrou vários tipos de óleos das espécies do gênero da *Copaifera* L. em farmácias e em mercados populares sendo vendidos por suas propriedades medicinais.

Vale destacar também o estudo produzido por Monteschio *et al.*, (2021), onde aponta que o óleo da copaíba é um composto promissor como agente antioxidante para aumentar a vida de produtos com alto teor de lipídios. Porém, novos estudos devem ser realizados para que este óleo possa ser amplamente aplicado na indústria de alimentos.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi identificar os elementos fitoquímicos presentes no oleorresina da espécie *Copaifera reticulata* Ducke analisando os teores dos principais compostos das copaibeiras. E analisar a correlação entre DAP (Diâmetro a Altura do Peito) das copaibas com os dados químicos dos solos.

2. Metodologia

Esse estudo tem uma abordagem quantitativa como explica Estrela (2018), a pesquisa quantitativa é uma modalidade de pesquisa composta por variáveis quantificadas em números as quais são analisadas de modo estatístico sendo conduzido na floresta manejada localizada perto da fazenda Agroecológica São Roque, localizada entre as coordenadas geográficas 3°03'14,85409" de latitude sul e 48°59'36,15357" longitude oeste, município de Mojú-PA. Apesar de estar localizada neste município a fazenda Agroecológica São Roque é limítrofe ao município de Tailândia com entrada pela margem direita (sentido Belém/ Marabá da PA-150), vicinal 18, nordeste paraense.

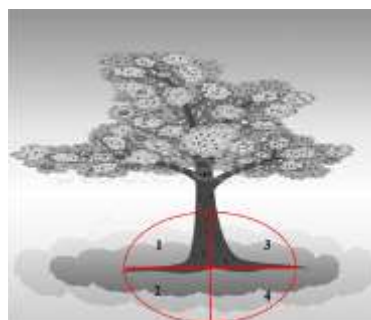
O clima é do tipo Ami (quente úmido) segundo a classificação de Köpen, com temperatura média anual variando entre 25°C e 27°C e a precipitação média anual oscila de 2.000 mm a 3.000 mm. Para averiguação e confirmação das 10 árvores selecionadas foram realizadas visitas *in loco*, usado como guia no campo o mapa do censo florestal e as trilhas de orientação da fazenda.

A identificação da espécie *Copaifera reticulata* Ducke foi realizada pelo método de comparação no Herbário IAN e a descrição anatômica das cascas, na Xiloteca, ambos os locais pertencentes a Embrapa Amazônia Oriental, em pesquisas da literatura específica, observações visuais e em seguida as exsicatas foram depositadas na referida Instituição. A espécie foi cadastrada no Sisgen sob o número ADODFBF em 08/10/2018. Em seguida a identificação das copaibeiras foram medidas o DAP das espécies selecionadas através de uma trena.

2.1 Análise química do solo

Para amostragem do solo foi utilizado trado holandês, retirando-se amostras na profundidade de 0-20 cm em quatro pontos de projeção da copa, formando uma amostra composta de solo para cada área de ocorrência da árvore (Figura 1).

Figura 1. Ilustração dos quatro pontos da projeção da copa onde foram coletadas as amostras na profundidade de 0-20 cm.



Fonte: Autores (2021).

A determinação química das amostras foi realizada no Laboratório de Análise Químicas de Solo da Embrapa Amazônia Oriental (Belém-PA) através das variáveis pH da água, Fósforo (P), Molibdênio (Mo), Potássio (K), Cálcio (Ca), sódio (Na), Magnésio (Mg), Alumínio (Al), Acidez potencial (H + Al). Foi aplicado o teste de Correlação de Pearson por meio do software

Bioestast versão 5.3, para verificar possíveis associações entre os diâmetros das copaibeiras e as concentração dos elementos do solo.

2.2 Coleta e análise fitoquímica do oleorresina

As amostras do oleorresina foram coletadas das copaibeiras adultas nativas que estavam produzindo o óleo, com mais de trinta anos de idade com base nas informações contidas no inventário florestal pré-exploratório realizado na fazenda Agroecológica São Roque. Das 10 (dez) copaibeiras apenas três produziram oleorresina, as demais estavam ocas e não produziram óleo.

A extração do oleorresina seguiu a metodologia descrita por Oliveira e Lameira (2006), sendo o método mais indicado por ocasionar menos danos à planta em relação aos outros métodos e, ainda, permitir que sejam feitas novas coletas de óleo na mesma árvore. Para obtenção do mesmo, foi usado trado manual de 7/8 polegadas de diâmetro e 1,0 metro de comprimento. A árvore foi perfurada a altura de 1 metro do chão (20 a 50 cm de profundidade no tronco, de acordo com seu diâmetro), com pequeno declive para o escoamento do óleo.

Um tubo de PVC 3/4 polegadas foi colocado bem ajustado no orifício, e no outro extremo do tubo foi colocado frasco de vidro âmbar de 1L. Após a colheita o furo foi tampado com uma espécie de rolha de madeira, pois este método preserva a árvore para futuras colheitas e é ecologicamente correto (Deus *et al.*, 2011). De acordo com Veiga J. & Pinto (2002), a definição correta para o óleo da copaíba é a de oleorresina, por ser um exsudato constituído por ácidos resinosos e compostos voláteis. É encontrado em canais secretores localizados em todas as partes da árvore. Estes canais são formados pela dilatação de espaços intercelulares (meatos) que se intercomunicam no meristema, chamados de canais esquizógenos.

O procedimento experimental foi realizado no laboratório de Química da Embrapa de Agroindústria de Alimentos, RJ. A amostra foi diluída a 0,1% em diclorometano e 1,0 µL da solução foi injetada por um amostrador automático Agilent 7693 em um cromatógrafo Agilent 7890B, onde foi instalada uma coluna capilar de sílica fundida recoberta com uma fase de 5% -fenil-95%-metilsilicone (DB5-MS, 30 m x 0,25 mm x 0,25 µm).

A temperatura do forno foi variada de 60 a 240 °C à taxa de 3 °C/min. O gás carreador usado foi hidrogênio (1,5 mL/min). O detector cromatográfico empregado foi o de ionização por chama, mantido a 280 °C. O injetor foi operado a 250 °C e com uma taxa de divisão de 1:20. As áreas dos picos (triplicata) foram obtidas a partir do sinal do detector e divididas pela área total para expressão do resultado (área %).

Para a identificação dos componentes, a mesma amostra foi injetada em um cromatógrafo Agilent 7890A acoplado a um detector seletivo de massas Agilent 5975C, operado no modo ionização eletrônica, com energia de ionização de 70 eV. A faixa de massas monitorada variou de 40 a 550 u, a uma taxa de 3,15 varreduras/s. A linha de transferência foi operada a 260 °C, a fonte de íons a 220 °C e o analisador (quadropolo) a 150 °C. As condições cromatográficas e coluna foram as mesmas descritas acima, exceto pelo gás carreador, tendo-se usado hélio (1,0 mL/min).

Para o cálculo dos índices de retenção linear foi injetada uma solução de alcanos (C7 a C26) nas mesmas condições descritas anteriormente. Os índices foram calculados segundo a equação de Den Dool e Kratz (1963) e comparados com dados da literatura (Adams, 2007). Os constituintes voláteis do oleorresina foram identificados por comparação dos índices de retenção calculados com aqueles da literatura e também por comparação de seus espectros de massas experimentais com dados das espectrotescas Adams (2007), Wiley (2000) e Nist (2011).

Foi aplicado o teste *t* de *Student* para identificar a existência de diferenças significativas entre as médias do teor dos compostos fitoquímicos das amostras deste trabalho e a média do teor dos compostos fitoquímicos de outros estudos como referência, (Ayres *et al.*, 2007).

3. Resultados e Discussão

As árvores de *Copaifera reticulata* estudadas apresentaram diâmetro médio de 3,39 m com a máxima apontando um valor de 4,60 metros (árvore 10) e a mínima 2,20 metros (árvore 5) (Tabela 1).

Tabela 1. Diâmetro das dez (10) copaibeiras da floresta manejada localizada na Fazenda Agroecológica São Roque, município de Moju, Pará.

Caracteres	Árvores amostras									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
DAP (m)	4,15	4,5	3,85	4,10	2,20	2,70	3,15	2,32	2,33	4,60
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Autores (2021).

As análises das propriedades químicas do solo ocorrentes na área das árvores de *C. reticulata* são distintas (Tabela 2). Com esses resultados foi possível verificar na área onde estava localizada a terceira, quarta e a sétima árvores apresentaram os maiores teores de MO, com 35,7; 31,1; 31,7, respectivamente. Os valores de pH variaram de 3,7 a 5,1 sendo condizentes com as características dos solos amazônicos.

Em relação a K, P e Na, as maiores concentrações desses elementos foi observado no solo das árvores 2 (5,0 mg/dm³), árvore 10 (17,5 mg/dm³) e árvore 7 (8,5 mg/dm³). Os teores de Ca e Ca+ Mg foram elevados nas áreas do primeiro, segundo e terceiro indivíduos de *C. reticulata*, com os valores para Ca: 0,9; 1,2; 2,4 e para Ca+Mg: 1,4; 1,7; 3,2, respectivamente. O teor de H + Al (acidez potencial) foi elevado nos solos dos indivíduos 4(1,4 cmol_c/dm³), 5 (1,5 cmol_c/dm³) e 7(1,5 cmol_c/dm³).

Tabela 2. Caracterização do solo na profundidade de 0-20 cm, nas áreas de coleta da fazenda Agroecológica São Roque, município de Moju, Pará.

Arvores	MO (g/Kg)	pH (água)	P	K (mg/dm ³)		Na	Ca	Ca + Mg (cmol _c /dm ³)	H + Al
1	27,9	5,1	5,0		9,0	6,0	0,9	1,4	0,8
2	19,5	4,4	2,0		7,0	4,0	1,2	1,7	0,6
3	35,7	4,5	2,0		10,0	8,0	2,4	3,2	0,6
4	31,1	4,8	2,0		9,0	4,0	0,5	1,0	1,4
5	14,6	3,7	2,0		5,0	6,0	0,2	0,3	1,5
6	12,2	4,0	2,0		7,0	4,0	0,8	1,2	0,5
7	31,7	4,5	2,0		15,0	8,5	0,3	0,4	1,5
8	13,9	4,6	1,7		2,5	3,0	0,2	0,3	1,0
9	15,5	4,4	2,0		6,2	3,0	0,2	0,3	1,1
10	24,2	4,8	2,2		17,5	2,5	0,7	1,0	1,1

Fonte: Autores (2021).

Segundo Rigamonte- Azevedo *et al.* (2004), o gênero *Copaifera L.* tem a ocorrência em florestas de terras firmes, terras alagadas, margens de lagos e se desenvolve tanto em solos argilosos e arenosos

O teste de correlação de Pearson mede o grau da correlação linear entre duas variáveis quantitativas, gerando um coeficiente de Correlação Pearson (*r*) que pode variar de -1 a 1, e quanto mais próximos desses valores, mais forte é a associação entre as variáveis estudadas. Quando este coeficiente for igual a zero, indica-se a ausência de correlação (Figueiredo Filho & Silva Júnior, 2009).

O sinal do coeficiente de Correlação Pearson indica direção positiva ou negativa da relação entre as variáveis, isto é, se o sinal for negativo então as variáveis possuem uma relação inversamente proporcional, e se o sinal for positivo então as variáveis possuem uma relação diretamente proporcional (Ayres *et al.*, 2007).

Por meio da análise da correlação de Pearson, foram gerados os coeficientes de correlação para as variáveis dos elementos do solo e para os Diâmetros das Copaibeiras (Tabela 3). Na comparação entre os diâmetros e o pH da água, verifica-se uma correlação positiva ($r = 0,641$), ou seja, quanto maior o diâmetro das árvores, maior será o percentual de pH da água. Outra correlação positiva ocorreu entre os percentuais de Ca e de Ca+Mg ($r = 0,993$), ou seja, quanto maior o percentual de Ca no solo, maior será o percentual de Ca + Mg (Tabela 3).

Tabela 3. Matriz de Correlação de Pearson entre as variáveis dos elementos químicos do solo e os Diâmetros das Copaibeiras.

Matriz de Correlação	Diâmetro	MO	pH	P	K	Na	Ca	Ca + Mg	H + Al
Diâmetro	1,000	-	-	-	-	-	-	-	-
MO	0,622	1,000	-	-	-	-	-	-	-
pH	0,641*	0,577	1,000	-	-	-	-	-	-
P	0,345	0,252	0,544	1,000	-	-	-	-	-
K	0,597	0,621	0,401	0,107	1,000	-	-	-	-
Na	0,012	0,617	-0,087	0,185	0,246	1,000	-	-	-
Ca	0,522	0,521	0,150	0,108	0,176	0,391	1,000	-	-
Ca + Mg	0,572	0,544	0,198	0,152	0,171	0,360	0,993*	1,000	-
H + Al	-0,262	0,121	-0,064	-0,186	0,195	0,126	-0,674*	-0,674*	1,000

* Coeficientes de Pearson (r) significativos com p-valor < 5%. Fonte: Autores (2021).

Houve correlação negativa nas comparações entre Ca e H+Al ($r = -0,674$), ou seja, quanto maior o percentual de Ca, menor será o percentual de H+Al, além disso, houve correlação negativa também entre Ca+Mg e H+Al ($r = -0,674$), ou seja, quanto maior o percentual de Ca+Mg, menor será o percentual de H+Al.

3.1 Caracterização fitoquímica do oleorresina

Os resultados da caracterização fitoquímica são mostrados na Tabela 4, as árvores 96, 106 e 153, conforme identificadas no campo no inventário florestal da fazenda Agroecológica São Roque. E que produziram o oleorresina com um percentual de identificação de 96,1%, 86,6% e 70,7%, ocorrendo diferença na taxa de concentração e na composição fitoquímica dos óleos analisados. A coloração do óleo coletada foi de amarelo ouro, embora tenham apresentada uma leve diferença em suas densidades (Tabela 4).

A ausência e/ou presença de alguns elementos nas amostras analisadas como alfa-copaeno, delta elemeno, alfa-humoleno, óxido de cariofileno, dentre outros, demonstram que essa diferença demonstra a existência de morfotipos. Entretanto, os elementos principais associados ao oleorresina podemos destacar o (E)-cariofileno, (E)-alfa-bergamoteno, Caureno e beta-bisaboleno foram constantes nos óleos analisados e considerados os mais importantes quanto as suas atividades biológicas (Soares, *et al.*, 2003). Demonstrando que mesmo ocorrendo diferenças na composição e taxa de concentração dos elementos fitoquímicos dos morfotipos dentro da espécie, esses óleos possuem as mesmas importâncias (Tabela 4).

Tabela 4. Principais elementos fitoquímicos encontrados no oleorresina, associado as árvores 96, 106 e 153.

Identificados	Teores (%)			Desvio Padrão
	Árvore 96	Árvore 106	Árvore 153	
Bet a-elemento	1,5	3,2	5,7	2,11
Cipereno	0,2	0,3	0,3	0,06
(Z) Alfa-Bergamoteno	0,2	0,3	0,1	0,10
(E) Alfa- Bergamoteno	19,2	28,6	7,5	10,57
(E) Cariofileno	11,4	0,2	7,1	5,65
(E) Beta-Farneseno	1,9	2,6	1	0,80
Beta-Selineno	2,5	9,8	15,7	6,61
Alfa-Selineno	1,9	9,8	9,4	4,45
(Z) Alfa-Bisaboleno	15,3	2,7	0,8	7,88
Beta-Bisaboleno	27,9	24,5	13,1	7,75
Beta-Sesquifelandreno	2,5	1,6	1	0,75
Caureno	0,7	1,4	0,7	0,40
Outros	10,9	20,5	37,5	-
Total Identificados	96,10%	86,60%	70,70%	-

Fonte: Autores (2021).

O β -Cariofileno é o sesquiterpeno mais frequentemente encontrado nos óleos analisados, sendo o principal constituinte dos óleos de *C. duckei*, *C. glycyarpa*, *C. multijuga*, *C. pubiflora* e *C. reticulata* (trinta e dois espécimes) (Cascon & Gilbert, 2000; Maia *et al.*, 2000; Lameira *et al.*, 2009; Veiga-Junior *et al.*, 2007; Souza *et al.*, 2010; Herrero-Jáuregui *et al.*, 2011).

Um estudo produzido por Pinto *et al.*, (2013), apontam que o gênero *Copaifera* (Leguminosae-Caesalpinoideae), abrange espécies que apresentação uma resina líquida rica em sesquiterpenos e diterpenos, variando em sua composição. Sua fração mais volátil é composta por sesquiterpenos, enquanto a fração resinosa é composta por diterpenos.

Muitos estudos têm mostrado que sesquiterpenos são as principais substâncias presentes nos óleo-resinas de copaíba. Por vezes, estes representam mais de 90% da sua composição. Considerando que eles são os componentes principais, muitas das atividades farmacológicas do oleorresina de copaíba são atribuídas aos sesquiterpenos. Para Lima *et al.*, (2020), que através de um estudo de identificação em 10 amostras de óleo, apontou 44 elementos fitoquímicos presente no óleo de copaíba, dos quais o β -cariofileno foi o principal deles, detectados em todas as amostras e em maior concentração.

No entanto, o efeito farmacológico do oleorresina não pode ser atribuído a um único constituinte, porque os componentes presentes no óleo podem interagir sinergicamente na promoção da atividade observada. Deve-se levar em conta, também, que o óleo de copaíba não é uma substância pura e sintética e que existem composições e concentrações diferentes de vários componentes (Gomes *et al.*, 2008; Barbosa, *et al.*, 2012; Leandro *et al.*, 2012).

Um estudo dirigido por Signori (2015), aponta que o óleo possui características físicas que variam de transparente a opaco, mais ou menos viscoso, de coloração que vai do amarelo ao vermelho, chegando a ser encontrado também incolor, possui sabor amargo e odor aromático característico. A exploração sustentável é amplamente incentivada vista contribuir com a preservação das árvores *Copaifera* que oferecem benefícios além da madeireira.

Os sesquiterpenos correspondem à fração volátil do oleorresina de copaíba e são responsáveis pelo aroma. De acordo com Leandro *et al.*, (2012), o interesse das indústrias de perfumes e cosméticos pela fração volátil tem aumentado e pode alcançar 600 vezes o valor do oleorresina in natura.

O marcador comum no gênero *Copaifera* é o β -cariofileno, que segundo um estudo produzido por Lucca *et al.*, (2015) e Agra (2008), desencadeia efeitos terapêuticos como: anti-inflamatório, antibacteriano, antifúngico e antiedêmica. Tornando-o um medicamento fitoterápico eficaz no tratamento de doenças para populações de baixa renda, por apresentar custo-benefício oportuno comparado a medicamentos alopáticos vendidos em farmácias (Monteiro *et al.*, 2012).

Alguns dos sesquiterpenos encontrados são: o α -copaeno, β -cariofileno, oxido de cariofileno, β -bisaboleno, α -humuleno, -cadineno, α -cadinol, α -cubebeno, α e β -selineno, β -elemeno, α -copaeno, trans- α -bergamoteno e β -bisaboleno.

Destes, o α -copaeno, β -cariofileno e α -humuleno são os constituintes que aparecem com maior frequência e por isso são considerados como marcadores químicos (Souza *et al.*, 2011).

Segundo (Zoghbi *et al.*, 2007, Herrero-Jáuregui *et al.*, 2011) os elementos β -bisaboleno e *trans*- α -bergamoteno foram identificados como os principais constituintes dos óleos de *C. reticulata* nativas do Pará. No que diz a respeito às copaibeiras que não produziram óleo, alguns estudos apontam que a variável diamétrica pode estar associada à produção (Alencar, 1982; Plowden 2001; Rigamonte-Azevedo *et al.*, 2004), para esses pesquisadores algumas árvores de tamanhos extremos (mais finas e mais grossas) apresentam leve tendência de menor produção, do que aquelas de diâmetros intermediários.

O ácido copálico e os sesquiterpenos β -cariofileno e o α -copaeno são os principais componentes do óleo, destacando que ácido copálico é um potencial biomarcador, já que ele é observado entre os constituintes dos óleos de copaíba analisados. Com um biomarcador estabelecido, óleos adulterados seriam identificados pela presença e quantidade de ácido copálico, e esta identificação seria uma ferramenta relevante para órgão de fiscalização (Soares *et al.*, 2003).

A Tabela 5 contém as Médias dos teores dos compostos fitoquímicos que foram comparados: Beta-elemeno; (*E*)-Cariofileno; (*E*)-Alfa-bergamoteno; (*E*)-Beta-farneseno; Beta-selineno; Alfa-selineno; (*Z*)-Alfa-bisaboleno; β -bisaboleno; Beta-sesquifelandreno e Caureno das três árvores (6, 7 e 10) e contém as Médias dos Teores dos compostos fitoquímicos de três estudos bibliográficos usados como referências (Rio, 2001; Pacheco, 2014; Lima *et al.*, 2020).

Tabela 5. Valores do Teor dos Compostos Fitoquímicos e suas das Médias Amostrais e de Referências de outros estudos.

Compostos	Teor (%) da Amostra				Teor (%) da Média das Referências			
	Árvore 6	Árvore 7	Árvore 8	Média Amostral	Média Referência 1	Média Referência 2	Média Referência 3	Média das Referências
Beta-elemeno	1,50	3,20	5,70	3,47	4,47	2,79	-	3,63
(<i>E</i>)-cariofileno	11,40	7,10	0,20	6,23	3,40	0,48	39,91	14,60
(<i>E</i>)-alfa-bergamoteno	19,20	28,60	7,50	18,43	10,70	18,72	11,32	13,58
(<i>E</i>)-beta-farneseno	1,90	2,60	1,00	1,83	1,23	2,15	-	1,69
Beta-selineno	2,50	9,80	15,70	9,33	-	7,83	-	7,83
Alfa-selineno	1,90	4,30	9,40	5,20	6,70	-	-	6,70
(<i>Z</i>)-alfa-bisaboleno	15,30	2,70	0,80	6,27	2,19	2,86	-	2,53
β -bisaboleno	27,90	13,10	24,50	21,83	22,39	43,08	7,38	24,28
Beta-sesquifelandreno	2,50	1,60	1,00	1,70	1,36	-	0,31	0,84
Caureno	0,70	0,70	1,40	0,93	0,65	1,24	-	0,95

Fonte: Autores (2021).

Apesar do grande número de sesquiterpenos que ocorrem nos óleos de copaíba, nas espécies de *Copaifera* nativas da Amazônia brasileira, apenas sete (β -cariofileno, *trans*- α -bergamoteno, β -bisaboleno, óxido de cariofileno β -selineno, α -copaeno, δ -cadineno) têm sido detectados como componentes majoritários ($\geq 10\%$). Sendo que o β -Bisaboleno e *trans*- α -bergamoteno foram identificados como os principais constituintes dos óleos de *C. reticulata* nativas do Pará, enquanto β -cariofileno, β -selineno e β -bisaboleno foram majoritários nos óleos oriundos do Amapá (Zoghbi *et al.*, 2009; Herrero-Jáuregui, 2011).

O elemento α -Copaeno foi majoritário nos óleos de *C. martii* cujo óleo foi extraído de uma árvore nativa do município do Moju-PA, e de *C. paupera* (um espécime) e *C. piresii* (um espécime) (Zoghbi *et al.*, 2007), (Zoghbi *et al.*, 2009). O Óxido de cariofileno é um sesquiterpeno de ocorrência natural nos óleos de copaíba, mas pode ter o seu teor aumentado através da oxidação do β -cariofileno (Gramosa & Silveira, 2005).

O estudo conduzido por Barbosa *et al.*, (2013), identificou 35 componentes no óleo da copaíba através das análises multivariadas que permitiram que as amostras fossem divididas em três grupos, tendo os sesquiterpenos β -cariofileno e óxido de

cariofileno como componentes principais. Esses sesquiterpenos, que foram detectados em todas as amostras analisadas em diferentes concentrações, foram os constituintes mais importantes na diferenciação dos grupos. Houve prevalência de sesquiterpenos em todos os óleos estudados.

3.2 Comparação entre Média Amostral x Média das 3 Referências

De acordo com os resultados da Tabela 6, constatou-se que não existem diferenças significativas nas médias de teor dos compostos fitoquímicos Beta-elemeno; (*E*)-cariofileno; (*E*)-alfa-bergamoteno; (*E*)-beta-farneseno; (*Z*)-alfa-bisaboleno; β -bisaboleno; Beta-sesquifelandreno e Caureno das três árvores (quando comparadas com a média de teor dos três estudos de referência), pois todos os resultados do teste *t* de Student geraram um *p*-valor maior que 5%.

Encontrados com frequência no óleo-resina de copaíba, estão os sesquiterpenos que são: o β -cariofileno; α -copaeno; α -cubebeno; α -humuleno; β -bisaboleno; α e β selineno; α -bisabolol; β -elemeno; δ -cadineno, σ -cadineno, cadinol, entre outros compostos não identificados (Sousa, 2011; Faria, 2014). Os diterpenos mais representativos são: o ácido copálico, ácido hardwickiico, ácido caurenóico e ácido colavênico (Veiga Jr. & Pinto, 2002).

O Beta-selineno e o Alfa-selineno apesar de estar presente nas três copaibeiras da área de estudo, não entraram no teste *t* de *student*, em virtudes de ter apenas uma amostra nas referências bibliográficas, sendo respectivamente 7,83 na referência 2 e 6,70 na referência 1.

Tabela 6. Médias do Teor dos Compostos Fitoquímicos coletados nas áreas de coleta da fazenda Agroecológica São Roque, município de Moju-Pará, Médias Referenciais de outros estudos e Resultado do Teste *t* de Student.

Compostos	Teor (%)		t*	p-valor
	Média Amostral	Média Referencial		
Beta-elemeno	3,47	3,63	-0,134	0,906
(<i>E</i>)-cariofileno	6,23	14,60	-2,565	0,124
(<i>E</i>)-alfa-bergamoteno	18,43	13,58	0,795	0,510
(<i>E</i>)-beta-farneseno	1,83	1,69	0,310	0,786
(<i>Z</i>)-alfa-bisaboleno	6,27	2,53	0,821	0,498
β -bisaboleno	21,83	24,28	-0,547	0,639
Beta-sesquifelandreno	1,70	0,84	1,973	0,187
Caureno	0,93	0,95	-0,071	0,950

Nota: (*) Valor do teste *t* de Student. Fonte: Autores (2021).

O oleorresina do gênero *Copaifera*, quimicamente, é composto pela fração de ácidos diterpênicos e sesquiterpênicos (Cascon & Gilbert, 2000). Os ácidos diterpênicos ou resinosos, segundo Faria (2014), são a parte que compõe a fração resinosa, sólida, não volátil, insolúvel em água, a qual se encontra diluída em compostos voláteis (sesquiterpenos oxigenados e hidrocarbonetos), que podem ser extraídos por hidrodestilação e dispõem de aromas marcantes, sendo principalmente utilizados pelas indústrias de perfumarias.

Este óleo é bastante usado na região Amazônia como anti-inflamatória e cicatrizante, sabe-se que esta ação é devido à presença de diterpenos em sua composição, porém de acordo com a literatura pesquisada, não se sabe ao certo seu mecanismo de ação (Montes *et al.*, 2009).

4. Conclusão

Através da análise da correlação de Pearson que comparou a relação entre os componentes químicos presentes no solo com a medida do diâmetro das copaibeiras na área de estudo registrou uma correlação positiva ($r = 0,622$), ou seja, quanto maior o diâmetro das árvores, maior será o percentual de pH da água.

Os resultados obtidos na análise química demonstram que os percentuais dos componentes variaram entre os indivíduos e os principais elementos fitoquímicos presentes no óleo-resina da espécie *reticulata* Ducke foram Caureno, beta-sesquifelandreno, beta-bisaboleno, alfa-bisaboleno, beta-bergamoteno, Cariofileno, alfa-bergamoteno, alfa-bergamoteno, cipereno e beta-elemeno.

Constatou-se que não existem diferenças significativas nas médias de teor dos compostos fitoquímicos Beta-elemeno; (*E*)-cariofileno; (*E*)-alfa-bergamoteno; (*E*)-beta-farneseno; (*Z*)-alfa-bisaboleno; β -bisaboleno; Beta-sesquifelandreno e Caureno das três árvores quando comparadas com a média de teor dos três estudos de referência.

Portanto, os resultados obtidos no presente trabalho reforçam ainda mais a importância da óleo-resina de copaíba proveniente da região Amazônica contribuindo com a ampliação do conhecimento químico da espécie *Copaifera reticulata* Ducke e confirma que fatores ambientais ou genéticos distintos interferem na composição química e no teor de óleo. Entretanto, recomendamos mais estudos dos elementos fitoquímicos associados à frente de pesquisa relativo ao potencial ligado as atividades anti-inflamatórias, cicatrizantes e antissépticas.

Referências

- Adams, R. P. (2007). *Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry*. (4th ed.), Allured Publ. Corp., Carol Stream, IL.
- Agra, M. F. *et al.*, (2008). Survey of medicinal plants used in the region Northeast of Brazil. *Revista Brasileira de Farmacognosi*, 18, (3), 472 - 508.
- Alencar, J. C. (1982). Estudos silviculturais de uma população natural de *Copaifera multijuga* Hayne – Leguminosae, na Amazônia Central. 2- Produção de óleo-resina. *Acta Amazonica*, 12, (1), 255-279.
- Ayres, M., Ayres Júnior, M., Ayres, D. L., & Santos, A. S. (2007). *BIOESTAT 5.0 – Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas*. (5a ed.), ONG Mamirauá: Belém.
- Barbora, P. C. S., Wiedemann, L. S. M., Medeiros, R. S., Sampaio, P. T. B. B., Vieira, G., & Veiga-Junior, V. F. (2013). Phytochemical Fingerprints of Copaiba Oils (*Copaifera multijuga* Hayne) Determined by Multivariate Analysis. 10(7), 1350-1360.
- Barbosa, P. C. S. *et al.*, (2012). Influence of Abiotic Factors on the Chemical Composition of Copaiba Oil (*Copaifera multijuga* Hayne): Soil Composition, Seasonality and Diameter at Breast Height. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 23(10), 1823-1833.
- Barquete, C. C. *et al.*, (2021). Óleo resina de copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.: Caesalpiniaceae) associada a laserterapia para o tratamento de feridas cutâneas em ratos Wistar. *Acta Veterinaria Brasilica December 15*, 304-309.
- Bolzani, V. S. *et al.* (2016). Biodiversidade brasileira: uma fonte potencial de agentes terapêuticos ainda inexplorada. In: Filho, V. C., Yunes, R. A. Química de produtos naturais, novos fármacos e a moderna farmacognosia. (5a ed.), Univali.
- Canelhas, B. B. (2012). Estudo químico, análise do óleo essencial e avaliação das atividades antioxidante e antibacteriana do Marmelinho [*Cordia sessilis* (Vell.) Kuntze (Rubiaceae)]. Universidade Federal de Uberlândia. (Dissertação de Mestrado).
- Cascon, V. (2004). “Padronização de óleos-resinas de espécies de Copaiíferas (Caesalpiniaceae). Estudo das Variações de Composição Química Inter- e Intra-Espécie. Tese de Doutorado, UFRJ, Rio de Janeiro – Brasil.
- Cascon, V., & Gilbert, B. (2000). Characterization of the chemical composition of oleoresins of *Copaifera guyanensis* Desf., *Copaifera duckei* Dwyer and *Copaifera multijuga* Hayne. *Phytochemistry*, 5, 773-778.
- Costa, A. S., & Lameira, O. A. (2021). Avaliação do comportamento fenológico da *Copaifera martii* (Hayne) com dados climáticos em Floresta Secundária. *Research, Society and Development*, v. 10, (9).
- Costa, A. S., Queiroz, J. C. B., Chermont, L. S., Lameira, O. A., Souza, E. B., Diniz, M. B., Moura, H. P., & Costa, D. L. C. (2021). Deforestation forecasts in the Legal Amazon using intervention models. *Research, Society and Development*, 10(9).
- Den Dool, H. V., & Kratz, P. D. J. A. (1963). A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. *Journal of Chromatography*, 2, 463-471.
- Deus, R. J. A., Alves, C. N., & Arruda, M. S. P. (2011). Avaliação do efeito antifúngico do óleo resina e do óleo essencial de copaíba (*Copaifera multijuga* Hayne). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 13(1), 1-7.

- Elisabetsky, E., & Suza, G. C. (2010). Etnofarmacologia como ferramenta na busca de substâncias ativas. In: SIMÕES, C. M. O. et al., Faramcognosia: da planta ao medicamento. 6 ed. Porto alegre: editora da UFRGS, Florianópolis.
- Estrela, C. (2018). Metodologia Científica: Ciência, Ensino, Pesquisa. Editora Artes Médicas.
- Faria, M. J. M. de. J. M. (2014). Oleoresina de *Copaifera* spp.: caracterização, verificação da atividade antimicrobiana in vitro e avaliação preliminar de uma formulação em vacas leiteiras com mastite. 150 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- Ferri, H. P. (1996). Química de produtos naturais, Metodologias Gerais, In: Di Stasi, L.C. (org). Plantas Medicinais: arte e Ciência – Um Guia de Estudo Interdisciplinar, São Paulo: Ed. UNESP.
- Figueiredo Filho, D. B. & Silva Júnior, J. A. (2009). Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson (r). *Revista Política Hoje*, 18, (1), 115-46.
- Giesbrecht, P. C. P. Efeitos da Pomada de Óleo de Copaíba em Queimadura Cutânea em Rato. (2011). 61 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Centro Universitário Vila Velha, Vila Velha.
- Gomes, N. M. *et al.*, (2008). Antineoplastic activity of *Copaifera multijuga* oil and fractions against ascitic and solid Ehrlich tumor. *Journal of Ethnopharmacology*, 119, 179-184.
- Gramosa, M. V., & Silveira, E. R. (2005). Volatile constituents of *Copaifera langsdorffii* of the Brazilian northeast. *Journal of Essential Oil Research*, 17, (2), 130-132.
- Herrero-Jáuregui, C., Casado, M. A., Zoghbi, M. G. B., & Martins-da-Silva, R. C. (2011). Chemical Variability of *Copaifera reticulata* Ducke Oleoresin. *Chemistry & Biodiversity*, 8, 674-685.
- Lameira, O. A. (2021). Caracterização morfológica e avaliação fenológica de *Copaifera* spp. Relatório de atividades, CNPq, 15p.
- Lameira, O. A., Martins-Da-Silva, R. C. V., Zoghbi, M. G. B., & Oliveira, E. C. P. (2009). Seasonal variation in the volatiles of *Copaifera duckei* Dwyer growing wild in the State of Pará - Brazil. *Journal of Essential Oil Research*, 21, 105-107.
- Leandro, L. M., DE Souza Vargas, F., Barbosa, P. C. S., Neves, J. K. O., J. Da Silva, A., & Veiga Junior, V. F. (2012). Chemistry and Biological Activities of Terpenoids from Copaiba (*Copaifera* spp.) Oleoresins. *Molecules*, 17, 3866-3889.
- Leite, A. C. P. (2004). Neoeextrativismo e Desenvolvimento no Estado do Acre: O Caso do Manejo Comunitário do Óleo de copaíba na Reserva Extrativista Chico Mendes. Universidade Federal do Acre. Dissertação de Mestrado. 120p.
- Lima, M. C. F., Silva, L. S., Veiga Jr, V. F., & Wiedemann, L. S. M. (2020). Quantificação do β-cariofileno e óxido de cariofileno para o controle de qualidade dos óleos de copaíba (*Copaifera multijuga* Hayne). *Braz. J. of Develop.*, 6(1), 608-623.
- Lima, T. C. P., Almeida, A. F., Oliveira, E. C. P., Silva Júnior, J. O. C., Costa, R. M. R., Matos, A. P., & Gomes, M. R. F. (2020). Desenvolvimento de nanogel de *copaifera reticulata* sobre a lesão muscular em ratos usando fonoforese. *Revista Saúde e Pesquisa*: 1(1), 81-192.
- Lucca L. G., de Matos, S. P., Borille, B. T., Teixeira, H. F., Veiga, V. F. Jr, Limberger, R. P., & Koester, L. S. (2015) Determination of beta-caryophyllene skin permeation/retention from crude copaiba oil (*Copaifera multijuga* Hayne) and respective oil-based nanoemulsion using a novel HS-GC/MS method. *J Pharm Biomed Anal* 104:144–148. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2014.11.013>.
- Maia, J. G. S., Zoghbi, M. G. B., & Andrade, E. H. A. (2000). Plantas aromáticas na Amazônia e seus óleos essenciais. *Museu Paraense Emílio Goeldi*, Belém, 72-74.
- Martins Da Silva, R. C. V., Pereira, J. F., & Lima, H. C. de. (2008). O gênero *Copaifera* (Leguminosae_Caesalpinioideae) na Amazônia brasileira. *Rodriguésia*, 59, 455-476.
- Medeiros, R. S., & Vieira, G. (2008). Sustainability of extraction and production of copaiba (*Copaifera multijuga* Haine) oleoresin in Manaus, AM, Brazil, *Forest Ecology Management*, 256, 282-288.
- Monteiro, M. M., Monteiro, M. J. S., & Barbosa, W. L. R. (2012). Saber e uso de Plantas Medicinais em Marudá e na APA Algodão - Maiandua. (2012). In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS, 6, Belém. Anais. Belém: ANPPAS, p. 1-16.
- Montes, L. V., Broseghini, L. P., Andreatta, F. S., Sant' Anna, M. E. S., Neves, V. M., & Silva, A. G. (2009). Evidências para o uso da óleo-resina de copaiba na cicatrização de ferida- uma revisão sistemática. *Natureza on line* 7 (2): 61-67.
- Monteschio, J. O., Vargas Junior, F. M., Alves, A. L., Chagas, R. A., Fernandes, T., Leonardo, A. P., *et al.* (2021). Effect of copaiba essential oil (*Copaifera officinalis* L.) as a natural preservative on the oxidation and shelf life of sheep burgers. *PLoS ONE* 16(3): e0248499. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248499>.
- NIST. (2011). Mass Spectral Database, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD.
- Oliveira, E. C. P., & Lameira, O. A. (2006). Identificação da época de coleta do óleo-resina de copaíba (*Copaifera* spp.) no município de Moju-PA. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, v.8, n.3, p.14-23.
- Pacheco, C. C. (2014). Desenvolvimento de nanocápsulas contendo óleo de *copaifera reticulada* ducke. Dissertação (Faculdade de Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal do Amazonas. São Paulo. 101 p.
- Perfecto, R. et al. (2020). Um produto natural de possível suporte para o tratamento da periodontite: revisão bibliográfica. *Av Odontostomatol*, 36(3).

- Pinto, I. F., Oliveira, E. C. P., Oliveira, R. C., Rebelo, S. L., & Silva, A. S. (2013). Análise Química do Óleo-Resina DE *Copaifera reticulata* Ducke Proveniente De Coletas Sazonais da Floresta Nacional do Tapajós, PA. VII SBOE- Simpósio Brasileiro de Óleos Essenciais.
- Pinto, J. E. B. P., Santiago, E. J. A., & Lameira, O. A. (2000). *Compêndio de plantas medicinais*. UFLA/FAEPE. 208p.
- Plowden, M. C. (2001) The ecology, management and marketing of non-timber forest products in the Alto Rio Guamá indigenous reserve (eastern Brazilian Amazon).
- Rigamonte-Azevedo, O. C., Wadt, P. G. S. & Wadt, L. H. O. (2004) Copaíba: Estrutura populacional, produção e qualidade do óleo-resina em populações nativas do sudoeste da Amazônia. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Acre, Rio Branco. 102p.
- Rigamonte-Azevedo, O. C., Wadt, P. G. S., & Wadt, L. H. de. (2006). Potencial de produção de óleo-resina de copaíba (*Copaifera* spp) de populações naturais do sudoeste da Amazônia. *Revista Árvore*, v.30, (4).
- Rio, R. G. W. (2001). Atividade anti-inflamatória, toxicidade e aspectos químicos do óleo-resina de copaíba, proveniente de diferentes espécies e de suas respectivas frações. Tese (Faculdade de Ciências Farmacêuticas) – Universidade São Paulo, 130 p.
- Signori, J. V. F. (2015). Atividade antimicrobiana e identificação de compostos de plantas medicinais de uso popular. *Revista de Trabalhos Acadêmicos da FAM: TCC 2015, Americana*, 1, (1).
- Soares, J. G., Vareão, M. J. C., Wolter Filho, W., Mourão, A. P., Craveiro, A. A. R., & Alencar, J. C. (2003). Estudo químico de óleos essenciais, oleaginosas e láticas da Amazônia I. Composição e oxidação do óleo de uma espécie de *Copaifera*. *Acta Amazonica*, 9, 65-59.
- Sousa, J. P. B. de. (2011). *Copaifera langsdorffii*: estudo fitoquímico, validação de métodos cromatográficos e análise sazonal. 167 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto, 10.11606/T.60.2011.tde02052011-102744.
- Souza, J. P. B., Brancalion, A. P. S., Souza, A. B., Turatti, I. C. C., Ambrósio, S. R., Furtado, N. A. J. C., Lopes, N. P., & Bastos, J. K. (2011). Validation of a gas chromatographic method to quantify sesquiterpenes in copaiba oils. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 54, 653-659.
- Souza, P. A., Rangel, L. P., Oigman, S. S., Elias, M. M., Ferreira-Pereira, A., Lucas, N. C., & Leitão, G. G. (2010). Isolation of two bioactive diterpenic acids from *Copaifera glycyarpa* oleoresin by high-speed counter-current chromatography. *Phytochemical Analysis*, 21, 539-543.
- Tappin, M. R. R., Pereira, J. F. G., Lima, L. A., & Siani, A. C. (2004). Análise química quantitativa para a padronização do óleo de copaíba por cromatografia em fase gasosa de alta resolução. *Química Nova*, 27, (2).
- Veiga Júnior, V. F. & Pinto, A. C., (2002). O gênero *Copaifera* L. *Química Nova*, 25 (2), 273-286.
- Veiga-Junior, V. F., Rosas, E. C., Carvalho, M. V., Henriques, M. G. M. O., & Pinto, A. C. (2007). Chemical composition and anti-inflammatory activity of copaiba oils from *Copaifera cearensis* Huber ex Ducke, *Copaifera reticulata* Ducke and *Copaifera multijuga* Hayne – A comparative study. *Journal of Ethnopharmacology*, 112, 248-254.
- Wiley. (2000). *Registry of Mass Spectral Data*, (7a ed.), Wiley Interscience.
- Zoghbi, M. G. B., Andrade, E. H. A., Martins-da-Silva, R. C. V., & Trigo, J. R. (2009). Chemical variation in the volatiles of *Copaifera reticulata* Ducke growing wild in the States of Pará and Amapá, Brazil. *Journal of Essential Oil Research*, 21, 501-503.
- Zoghbi, M. G. B., Lameira, O. A., & Oliveira, E. C. P. (2007). Seasonal variation of oleoresin and volatiles from *Copaifera martii* Hayne growing wild in the State of Pará, Brazil. *Journal of Essential Oil Research*, 19, 504-506.
- Zoghbi, M. G. B., Martins-da-Silva, R. C. V., & Trigo, J. R. (2009). Volatiles of *Copaifera paupera* (Herzog) Dwyer, *C. piresii* Dwyer and *C. pubiflora* Benth. (Leguminosae). *Journal of Essential Oil Research*, 21, 403-404.